

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-163605

(43)Date of publication of application : 19.06.2001

(51)Int.Cl.

C01B 13/02
B01D 53/04

(21)Application number : 11-352427

(71)Applicant : JANEKKUSU:KK

(22)Date of filing : 10.12.1999

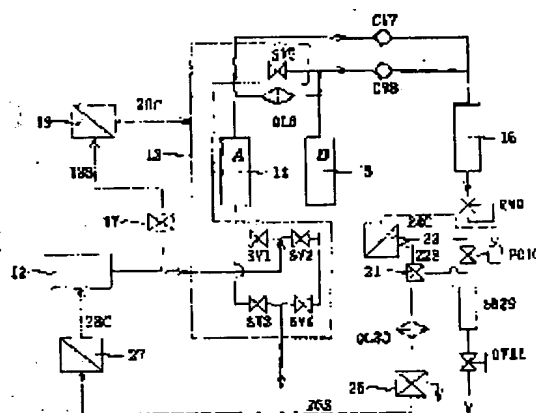
(72)Inventor : UENO SHINJI
OISHI KOJI

(54) CONCENTRATING METHOD AND DEVICE FOR GASEOUS OXYGEN

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To freely obtain gaseous oxygen to be manufactured independently in a desired gaseous oxygen concentration at a desired gaseous oxygen flow rate and to attain the power conservation property corresponding to a desired gaseous oxygen manufacturing condition (concentration \times flow rate) in the power consumption in the manufacture.

SOLUTION: The supply quantity of raw material compressed air per time, that is the driving speed of an air compressor, is automatically controlled to be increased and decreased to obtain a desired fixed gaseous oxygen concentration and the switching pressure of an adsorption column is proportionally controlled to meet the desired gaseous oxygen manufacturing condition (concentration \times flow rate).



(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-163605
(P2001-163605A)

(43)公開日 平成13年6月19日(2001.6.19)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
C 0 1 B 13/02		C 0 1 B 13/02	A 4 D 0 1 2
B 0 1 D 53/04		B 0 1 D 53/04	B 4 G 0 4 2

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L (全 10 頁)

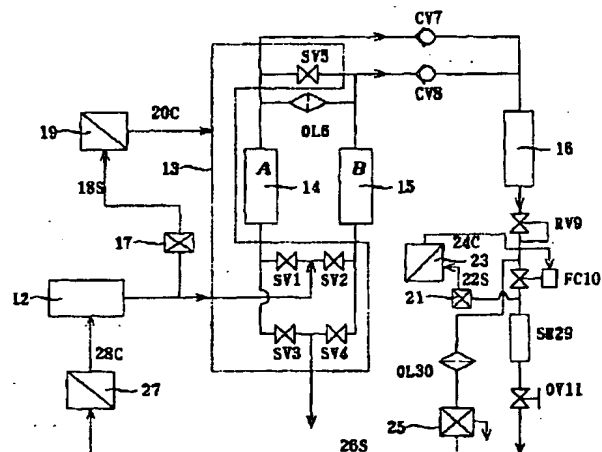
(21)出願番号	特願平11-352427	(71)出願人	599109456 株式会社ジャネックス 東京都千代田区外神田2丁目4番4号
(22)出願日	平成11年12月10日(1999. 12. 10)	(72)発明者	植野 信治 東京都千代田区外神田2丁目4番4号 株式 会社ジャネックス内
		(72)発明者	大石 剛治 東京都千代田区外神田2丁目4番4号 株式 会社ジャネックス内
		(74)代理人	100082692 弁理士 蔵合 正博
		Fターム(参考)	4D012 CA05 CB16 CE01 CE02 CE03 CF02 CF03 CF05 CF10 CG01 4C042 BA14 BA15 BB02 BC04

(54)【発明の名称】 酸素ガス濃縮方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 製造する酸素ガスが所望の酸素ガス濃度および所望の酸素ガス流量で独立して自由に得られるように、また製造時の消費電力において所望の酸素ガス製造条件（濃度×流量）に見合った省電力性が達成できるようにする。

【解決手段】 酸素ガス濃度が所望の一定の値になるように原料圧縮空気の時間当たりの供給量、すなわち空気圧縮器の駆動速度を自動的に増減制御させるようにしたとともに、所望の酸素ガス製造条件（濃度×流量）に合わせて吸着塔の切り替え圧力比例制御した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高圧な空気を供給し、吸着塔内の吸着剤にて選択的に窒素ガスを吸着させ酸素ガスを濃縮する圧力スイング吸着（PSA）方式の酸素ガス濃縮方法において、供給する高圧な空気の時間当たりの供給量を連続的に増減制御することによって、所望の濃度および所望の流量の酸素ガスを得ることを特徴とする酸素ガス濃縮方法。

【請求項2】 高圧な空気を供給するための空気圧縮器を駆動する電動機の駆動速度を連続的に増減制御することによって、所望の濃度および所望の流量の酸素ガスを得ることを特徴とする請求項1記載の酸素ガス濃縮方法。

【請求項3】 高圧な空気中より酸素ガスを濃縮するにあたり、吸着塔内の操作圧力が設定された圧力に上昇するまでの間を濃縮操作の単位サイクルとすることを特徴とする請求項2記載の酸素ガス濃縮方法。

【請求項4】 所望する酸素ガスの濃度および流量の各々の設定の増減に比例して、吸着塔内の操作圧力、すなわち吸着塔の切り替え圧力の設定値を増減すること

を特徴とする請求項3記載の酸素ガス濃縮方法。

【請求項5】 圧縮空気を供給する空気圧縮手段と、第一の吸着塔Aおよび第二の吸着塔Bと、これら第一の吸着塔Aおよび第二の吸着塔B内に充填されている吸着剤への窒素ガスの吸着操作および脱着再生操作のサイクルを制御する酸素濃縮サイクル制御弁ユニットと、酸素濃縮サイクル制御弁の動作をコントロールして酸素濃縮サイクルを制御する酸素濃縮サイクル制御手段とを備え、酸素濃縮サイクル制御手段には、所望の酸素ガスの濃度および流量の各条件下で、予め実験的に求められた必要

充分な最低値である吸着操作圧力の値が記憶されていることを特徴とする酸素濃縮装置。

【請求項6】 酸素濃縮サイクル制御弁ユニットは、圧縮空気を供給する弁部材と、脱着再生ガスを排出する弁部材と、酸素ガスを回収する弁部材とにより構成される制御弁ブロックから成ることを特徴とする請求項5記載の酸素濃縮装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は任意濃度の酸素ガスを、任意流量で提供するPSA方式を利用した酸素ガスの濃縮方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の医療用などに供される比較的小型の酸素ガス濃縮装置において、製造される酸素ガスは使用者が必要とする流量に手動で調節させることはできるが、その酸素濃度は90%以上あるいは40%以上などと固定されているもので、使用されている空気圧縮器は装置の最大酸素ガス製造能力（濃度×流量）に見合う大きさに固定された能力を持つものであった。発生酸素ガ

スの流量を増減させるための手段は、出口側に流量制限のためのニードル弁、あるいは異なる孔径を持つ多数のオリフィスを機械的に切替える機構（ロータリー式多連オリフィス）を設置して所望の流量に調節させていたもので、特に小流量に絞った状態での使用時における消費電力は、最大流量での使用時と同じ電力を消費してしまい省電力という観点からは程遠いものであった。

【0003】 一方、製造される酸素ガスの酸素濃度は最大流量時に所望の濃度が得られるように能力が固定されており、たとえば酸素濃度90%以上で発生流量2ノルマルリットル毎分の機種と、酸素濃度40%で発生流量10ノルマルリットル毎分の機種は別々の機種として提供されているものの、同一の機種として切替えて使用できるようなものはなかった。

【0004】 発明者はPSA方式酸素ガス濃縮方法として、駆動速度が固定された空気圧縮器を使用して高圧の空気を供給するにあたり、濃縮サイクルにおける吸着塔の吸着破過の状態、すなわち吸着塔の吸着能力や吸着剤の再生状態を制御することにより濃縮度が増減する現象を利用して所望の濃度の酸素ガスを得る方法を発明し、特許平10-51247（酸素ガス濃縮方法および装置）として紹介しているが、この方法において濃度および流量の双方を同時に所望の値に変更することはできなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来の能力固定の空気圧縮器を持つ医療用等の酸素ガス濃縮装置において、酸素ガス流量を切替える方法として、操作の容易性のためロータリスイッチ型の機械式多連オリフィス切替え機構が設けられており、このつまみを回転させることにより所望の流量が得られるようになっているが、手動でのおおざっぱな段階的な切り替えしかできず、正確な流量の手動調節は不可能であった。装置出口の酸素ガスの吐出圧力は比較的低いので、呼吸口までの間の圧力損失が大きく変化した場合、すなわち使用者まで酸素ガスを送るチューブを極端に長くしたり、あるいは呼吸マスクや鼻カニューラをオリフィス付きのものなどに変更したり、あるいは加湿器のバブリング機構を取り除いたり別のもに変更したりしたときなどの場合、酸素ガス流量の設定を変更していないにも拘わらず、使用者が気づかない間に実際の酸素ガス流量が変化してしまっているなどの大きな問題があった。

【0006】 一方、このような従来の酸素ガス濃縮装置は、空気圧縮器は常に能力が固定されたままで駆動されているため、小流量で使用する場合でもその消費電力は低減されないままで、小流量での使用者にとっては大きな電気代の負担があった。従来この問題を解決するため、酸素ガス濃縮装置の製造者は大中小の各種能力を持つ装置を細かく作り分けして市場に提供し消極的な省電力対策としていたが、使用者にとっては必要とする酸素

ガス流量によって機種を変更しなければならないなどの難点があった。

【0007】そこで本発明者は、使用者が必要とする酸素ガス流量を任意に設定することができ、また使用者が必要とする酸素濃度を任意に設定することができ、また使用者の都度の設定（流量×濃度）に合わせて、消費電力がその設定に見合った最低値に都度自動制御されるような省電力型の酸素ガス濃縮装置を提供する目的で、酸素ガスの濃縮方法について誠意工夫の結果、本発明をす

るに至った。

【0008】
【課題を解決するための手段】本発明は前記の目的を達成するために、原料として供給される圧縮空気の流量が外部信号により増減可能な方法を使用した。すなわち、駆動する電動機を速度を外部信号によって変化させることが容易で、駆動速度の増減に合わせて消費電力が増減し、また製作が容易なインバータ制御方式の空気圧縮器を採用した。

【0009】発生酸素ガスの酸素濃度は酸素濃度センサにて検出され、検出された濃度は電圧変換された後、空気圧縮器のインバータ制御回路にフィードバックされ、設定された任意の濃度、すなわち酸素濃度センサの出力電圧が設定された電圧値を保つように空気圧縮器を駆動する電動機の駆動速度が自動制御される。

【0010】また、発生酸素ガスの流量は流量センサにて検出され、検出された流量は電圧変換された後、流量制御回路にフィードバックされ、設定された任意の流量、すなわち流量センサの出力電圧が設定された電圧値を保つように出口に設置されているマスフローコントローラの流量制御弁の開度が自動制御される。このことにより、たとえ使用者が装置出口に何らかの圧力損失になるようなことをした場合でも使用者が設定した流量は一定に保たれることになる。

【0011】発生酸素ガス流量の設定を減少させた場合、吸着効率が增大して酸素濃度は上昇するので、インバータ制御回路は空気圧縮器の駆動速度を減少させて設定されている酸素濃度を保つように働く。また、このとき消費電力は自動的に減少して適正な省電力性が達成される。発生酸素ガス流量の設定を増大させた場合、同様な理由で逆に働く。

【0012】本発明の酸素ガス濃縮方法において、酸素濃度および発生流量の具体的な制御の方法を説明する。最大酸素ガス製造能力（純酸素量＝濃度×流量）が5ノルマルリットル毎分以上として設計された本発明の酸素ガス濃縮方法による酸素ガス濃縮装置において、発生酸素ガスの酸素濃度が90%、発生流量が5ノルマルリットル毎分に設定されて定常運転されている状況とする。ここで、酸素濃度の設定はそのまま、発生流量を2ノルマルリットル毎分に設定変更した場合の制御状況を説明する。

【0013】流量制御回路よりマスフローコントローラに対して、流量センサの出力が2ノルマルリットル毎分に相当する電圧値を示すまで開度を絞るような制御信号が出力される。マスフローコントローラにより流量が2ノルマルリットル毎分に制限されると、系内の吸着効率が良くなり、発生酸素ガスの酸素濃度は徐々に上昇し、これに追従して酸素濃度センサが出力する電圧値が上昇する。

【0014】次にインバータ制御部は、空気圧縮器を駆動する電動機を速度を自動的に低下させる。空気圧縮器の駆動速度が低下して圧縮空気の供給流量が減少すると、系内の吸着効率が低下して酸素濃度が低下するので酸素濃度センサが出力する電圧値は低下し始める。このようにしてインバータ制御部は、酸素濃度センサの出力が酸素濃度の設定値90%に相当する電圧値を維持する（下回らない）ように空気圧縮器の駆動速度を自動制御し続ける。

【0015】同時に酸素濃縮サイクル制御部は、90%濃度の酸素ガスの発生流量が5ノルマルリットル毎分に相当する予め設定されている必要充分な吸着塔の切り替え圧力を、2ノルマルリットル毎分に相当する予め設定されている必要充分な吸着塔の切り替え圧力まで自動的に低下させる。この操作により空気圧縮器の吐出圧力が低下し、これを駆動する電動機の負荷が大幅に低減するので消費電力の著しい低減が達成できる。

【0016】本発明の酸素ガス濃縮方法において、吸着操作圧力 P_{max} （吸着塔の切り替え圧力に相当する圧力 P_{max} ）で90%濃度の酸素ガスの発生流量5ノルマルリットル毎分の最大能力が確保されている状況下で、濃度を変えずに酸素ガスの発生流量を5ノルマルリットル毎分より2ノルマルリットル毎分に減少させる場合、この酸素ガスの発生流量の低減に見合うまで吸着操作圧力を低下させて、吸着塔内の吸着剤の窒素ガス吸着能力、すなわち酸素ガス濃縮能力を低減させてもよいことは明白である。

【0017】このように吸着操作圧力を所望の酸素ガス発生流量に見合った圧力に都度制御することにより、吸着操作圧力を制御せずに高い操作圧力 P_{max} で一定に保った場合に比較して、所望の酸素ガス発生流量に見合ったより大きな省電力性が達成できるようになる。

【0018】次に発生酸素ガスの酸素濃度が90%、発生流量が5ノルマルリットル毎分（純酸素分4.5ノルマルリットル）に設定されて定常運転されている状況は前記の場合と同じだが、酸素濃度の設定を40%に、発生流量を10ノルマルリットル毎分（純酸素分4.0ノルマルリットル）に設定変更した場合の制御状況を説明する。

【0019】流量制御回路よりマスフローコントローラに対して、流量センサの出力が10ノルマルリットル毎分に相当する電圧値を示すまで開度を開くような制御信

号が出力される。マスフローコントローラにより流量が10ノルマルリットル毎分に増加されると、系内の吸着効率が悪くなり、発生酸素ガスの酸素濃度は徐々に低下し、これに追従して酸素濃度センサの出力電圧が下降し始める。

【0020】インバータ制御部は酸素濃度センサが出力する電圧値の変化の方向、および変化する速度（加速度）を検知し、設定された酸素濃度に相当する電圧値を比較しながら空気圧縮器を駆動する電動機の駆動速度の増減量および増減の加速度を自動的に制御する。このようにしてインバータ制御部は、酸素濃度センサの出力が酸素濃度の設定値40%に相当する電圧値を維持する（下回らない）ように空気圧縮器の駆動速度を自動制御し続ける。

【0021】同時に酸素濃縮サイクル制御部は、90%濃度の酸素ガスの発生流量が5ノルマルリットル毎分に相当する予め設定されている必要充分な吸着塔の切り替え圧力を、40%濃度の酸素ガス発生流量が2ノルマルリットル毎分に相当する予め設定されている必要充分な吸着塔の切り替え圧力にまで自動的に低下させる。この操作により空気圧縮器の吐出圧力が若干低下し、これを駆動する電動機の負荷が低減するので消費電力の適正な低減が達成できる。

【0022】これらの吸着操作圧力、すなわち吸着塔の切り替え圧力の予め設定する値は、所望の酸素ガスの濃度および発生流量の各組み合わせの条件下で装置を運転して、各条件下での必要充分な最低圧力値を各々予め実験的に求めることができる。このようにして濃度/流量の各組み合わせ条件下で得られた実験値を、各条件下での吸着塔の切り替え圧力の設定値として指定濃縮サイクル制御部に予め記憶させておけばよい。

【0023】本発明による酸素ガス濃縮方法において使用される空気圧縮器は、使用者が設定した濃度および流量に見合った適正な最低駆動速度に常時自動制御されているので、消費電力についても自動的に最低に維持されることとなり、従来に比較して大幅な省電力が期待できるようになった。

【0024】本発明で言う流量可変型の空気圧縮器とは、圧縮容積が固定された機械構造を持つピストン型、ダイヤフラム型、スクロール型などの圧縮器で、それを駆動する電動機を増減するもの、あるいは能力可変の機械構造を持つ容積可変型、翼角度可変型などの圧縮器で、能力を機械的に増減させることができるものなどなら何でも使用することができる。

【0025】本発明の比較的小型の酸素ガス濃縮装置の場合、酸素ガスの発生能力（流量×濃度）の増減に追従して省電力性の効果が期待される流量可変型の空気圧縮器としては、ピストン型、ダイヤフラム型、スクロール型などで、これを駆動させる電動機の駆動速度をインバータ電源にて可変制御を行う方法が好ましい。インバー

タ制御方法および制御される電動機は、交流方式あるいは直流方式などの種類を問わないことは言うまでもない。

【0026】本発明でいう酸素濃度センサとは、ガルバニ電池方式、ジルコニア固体電解質方式、吸光分光分析方式、あるいはガス吸着分離クロマトグラフィー方式などの酸素分子を定量分析可能なセンサのことを言い、気体中の酸素濃度をある濃度範囲で検出することが可能で、酸素濃度とその出力との間に何らかの再現性があり、その出力が電圧値あるいは電流値などの電気信号として、酸素濃度との間に何らかの関係を持って取り出せるものなら何でも使用することができる。

【0027】本発明の比較的小型の酸素ガス濃縮装置の場合、製造される酸素ガス中の酸素濃度を検出する酸素濃度センサとしては、設置が容易であるガルバニ電池方式、あるいはジルコニア固体電解質方式を使用するのが一般的であるが、酸素濃度が90%を超えるような高濃度領域で長期間にわたり使用されるような場合、センサの寿命、および酸素濃度の検出値の再現性、および感度（検出速度）においてより優秀な性能を示すジルコニア固体電解質方式の酸素濃度センサを使用するほうが好ましい。

【0028】本発明で言う流量センサとは、オリフィス流量計などの絞り方式、あるいは層流流量計などの流体抵抗方式、あるいは熱線流量計などの熱方式、あるいは翼車流量計などの回転翼方式、あるいは浮子流量計などのトレサ方式などで検出した流量を電圧値あるいは電流値などの電気信号に変換して出力できるものなら何でも使用することができる。

【0029】本発明の比較的小型のPSA酸素ガス濃縮装置の場合、製造される酸素ガスの流量を検出する流量センサとしては、構造が簡単で安価に製作することができる、流量の検定が容易であり、丈夫で壊れにくい構造を持ち、流量を電圧に変換することが容易なオリフィス流量計、あるいは層流流量計の使用が好ましいが、流量と検出される差圧の関係が全域（特に微小流量領域）で直線比例の関係にある層流流量計の使用が最も好ましい。いずれの場合でも細孔素子であるオリフィス、あるいは多数個の微細孔を持つハネカムなどの多層素子、および小型のセラミック圧力センサがあれば容易に組み立てることができる。

【0030】本発明で言うマスフローコントローラとは、外部から与える制御信号で所望の流量（時間当たり通過する質量）を微細に調節できる比較的小型の自動流量調節弁のことで、一般的に流量を精密に絞る機構を持つニードル弁部と、ニードル軸を直接上下に駆動させるリニアアクチュエータ部（制御信号によりニードル軸を直接上下方向の所望の位置に移動させる機能を持つリニアサーボモータ、あるいはリニアステッピングモータなどのこと）、あるいは回転アクチュエータ部（制御信

号により所望の角度まで回転させる機能を持つサーボモータ、あるいはステッピングモータなどのことで、ネジ機構で回転を上下運動に変換し、ニードル軸を上下方向の所望の位置に移動させる)より構成されているもので、リニア制御方式あるいは回転制御方式のいずれの場合でも容易に製作することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の酸素ガス濃縮方法を実現するための酸素ガス濃縮装置の概要を示す図であり、図2は本発明の酸素ガス濃縮操作における吸着および脱着再生のサイクルの制御の概要を示す図である。

【0032】図1において、12は原料である圧縮空気を供給する空気圧縮器で、12を駆動する電動機10の速度制御回路27が出力する制御電源28Cによって、12の駆動速度が自動制御される。

【0033】14、15は第一の吸着塔Aおよび第二の吸着塔Bで、これら第一の吸着塔A14および第二の吸着塔B15内に充填されている吸着剤への窒素ガスの吸着操作および脱着再生操作のサイクルが、酸素濃縮サイクル制御弁ブロック13によって、図2に示される酸素濃縮サイクルの通り自動制御される。13は圧縮空気を供給する電磁弁SV1/SV2、脱着再生ガスを排出する電磁弁SV3/SV4、および酸素ガスを回収する電磁弁SV5により構成される酸素濃縮サイクル制御弁ユニットとしての制御弁ブロックである。

【0034】17は12の吐出圧力すなわち第一の吸着塔A14あるいは第二の吸着塔B15内の吸着圧力変化を検知する圧力センサで、その出力信号18Sは酸素濃縮サイクル制御回路19に導かれ、予め設定されている第一の吸着塔Aおよび第二の吸着塔B14、15の切り替え圧力すなわち図2に示されている最大圧力P2に一致すると制御弁20Cにより制御弁ブロック13は図2に示されているように第一の吸着塔A14および第二の吸着塔B15の動作を自動的に切り替える。

【0035】酸素濃縮サイクル制御回路19には、所望の酸素ガスの濃度および流量の各条件下で、予め実験的に求められた必要充分な最低値である吸着操作圧力の値、すなわち第一の吸着塔A14および第二の吸着塔B15の切り替え圧力の最低設定値が各々予め記憶されている。酸素濃縮サイクル制御回路19へ記憶させた各々の設定値の内容の一例を図8に示す。

【0036】第一の吸着塔A14あるいは第二の吸着塔B15で濃縮された酸素ガスの一部は逆流防止弁CV7、CV8を通り圧力容器16へ一方向的に送り出され、圧力容器16内に一時貯蔵された酸素ガスは圧力調節弁RV9により一定の圧力に減圧され、製造されるべき酸素ガスとして取り出される。

【0037】FC10は所望の流量が得られるように制御されるマスフローコントローラで、出口には圧力セン

サ21が接続されており、層流流量計SR29の流路工程によって検出される圧力が圧力センサ21の測定範囲に入るように、層流流量計SR29の後に設置されている半固定オリフィスOV11の開度を微調節する。圧力検出信号22Sは流量制御回路23により流量に変換され、出力される制御電源24CによってFC10の開度が自動制御され、製造される酸素ガスの流量が、任意に設定された所望の流量値を維持するように働く。

【0038】25は所望の酸素濃度を制御する酸素濃度センサで、酸素濃度の検出信号26Sは空気圧縮器12を駆動する電動機10の速度制御回路27に導かれ、速度制御電源28Cによって空気圧縮器12が供給する圧縮空気の吐出流量が自動制御され、製造される酸素ガスの濃度が、任意に設定された所望の酸素濃度値を維持するように働く。

【0039】再生オリフィスOL6は二つの吸着塔の出口側を結ぶように設置され、一方の吸着塔内に吸着されている窒素ガスを積極的に追い出して脱着再生を促進させる目的のオリフィスであり、吸着塔間の圧力差によってOL6を通過する酸素ガスが脱着再生に必要な量に制限されるようその孔径を決定する。

【0040】酸素ガス回収電磁弁SV5は二つの吸着塔14、15の出口側を結ぶように設置され、図2に示されるサイクルがIよりIIに移行する状態において、第二の吸着塔B15が濃縮工程を終了する(圧力センサ17すなわち第二の吸着塔B15の吸着圧力がP2に一致する)時点で、1ないし2秒程度の短い時間(酸素ガス回収操作時間 τ)開くように酸素濃縮サイクル制御回路19によって制御される。この酸素ガス回収電磁弁SV5は、吸着塔間の圧力差により第二の吸着塔B15内に溜まっている高い圧力(P2)の濃縮された酸素ガスを第一の吸着塔A14へ一挙に送って有効的に回収するための電磁弁であり、これにより酸素ガスの生産効率が高まることになる。酸素ガス回収電磁弁SV5が開くと、第一の吸着塔A14内の圧力はP0よりP1へ一挙に上昇する。なおP0は吸着塔の脱着再生時に脱着再生系内を流れて大気に排出されるガスの圧力損失分の大気圧Paとの差圧である。このように酸素ガス回収電磁弁SV5は酸素濃縮サイクルが切り替わる毎に短時間(τ)の間開くように、また再生ガスの排出弁SV3/SV4は酸素ガス回収電磁弁SV5が開いている間は必ず閉じているように酸素濃縮サイクル制御回路19によって自動制御される。

【0041】本発明の酸素ガス濃縮方法において、酸素濃縮装置を始動させてからの状態を図2を用いて説明する。始動サイクルIにおいてSV1/SV4がCL(閉)、SV2/SV5がOP(開)となり原料圧縮空気は圧力が大気圧Paの第二の吸着塔B15へ供給される。第二の吸着塔B15内で濃縮された酸素ガスの一部はOL6を通して第一の吸着塔A14に供給され第一の

吸着塔A14の脱着再生に用いられる。時間 τ 経過後、SV3がOP、SV5がCLとなり、第一の吸着塔A14よりの脱着再生ガスが系外に排出される。

【0042】第二の吸着塔B15内の圧力が上昇してP2に一致すると、サイクルはIからIIへ切り替わり今度はSV2/SV3がCL、SV1/SV5がOPとなり原料圧縮空気は圧力がP0の第一の吸着塔A14へ供給される。第二の吸着塔B15内に溜まっている圧力P2の濃縮された酸素ガスはSV5を通り第一の吸着塔A14へ回収され、時間 τ 経過後第一の吸着塔A14内の圧力はP0となる。第一の吸着塔A14内で濃縮された酸素ガスの一部はOL6を通して第二の吸着塔B15に供給され、この第二の吸着塔B15の脱着再生に用いられる。時間 τ 経過後SV5がCL、SV4がOPとなり第二の吸着塔B15よりの脱着再生ガスが系外に排出される。

【0043】以降、上記と同様の吸着および脱着再生の操作を繰り返し、サイクルがIIIよりVへと切り替わって酸素ガスの濃縮操作が移行する。

【0044】運転の途中で発生酸素ガスの濃度およびあるいは流量の設定変更が行われた場合、その変更の状況に合わせて、酸素濃縮サイクル制御回路19に予め記憶されている吸着操作圧力の各設定値の内容に従って、吸着塔の切り替え圧力は自動的に適正に再設定され、積極的な消費電力の低減が図られることとなる。

【0045】(実施例-1)内直径77ミリメートルの塩化ビニール樹脂水道管(JIS規格VP7.5)を工作して図3のようなU字管構造を持つ有効内容積1.6リットルの吸着塔を2個作製し、内部に各々1000グラムのゼオライト系窒素吸着剤を充填し吸着塔A、吸着塔Bとした。また上記と同じ樹脂管を工作して内容積1リットルの図1で示す圧力容器16を製作した。

【0046】図1で示す再生オリフィスOL6として直径0.84ミリメートル、長さ5ミリメートルのオリフィスを準備した。

【0047】定格250ワットの三相誘導モータを動力とし、シリンダの直径60ミリメートル、ピストンのストローク8ミリメートルの圧縮部を2個持った空気圧縮器を、入力100ボルト、出力三相200ボルトのインバータ電源にて駆動した。この空気圧縮器12の能力特性のグラフを図4に示す。

【0048】酸素ガス中の酸素濃度を検出するための酸素濃度センサはジルコニア固体電解質方式のものを採用した。酸素濃度センサ25が出力する電圧 V_o [mV]と酸素濃度 C_o [モル分率]との間には、 $V_o = -891 \times \ln(1 - C_o)$ の関係で近似されるように調整されている。

【0049】図1で示すように圧力調整弁RV9の下流に孔直径0.12ミリメートル、厚さ0.5ミリメートルのステンレス製の流量制限オリフィスOL30を設置

し、これを通して0.25ノルマルリットル毎分前後の一定流量で製品酸素ガスを酸素センサ25へ供給した。

【0050】5回転で開閉できるニードル弁を作製し、このニードル軸にステッピングモータを取り付け、ステップ数すなわち回転角度を制御することにより図7に示すマスフローコントローラFC10を得た。

【0051】FC10へ供給される酸素ガスの圧力は、図1で示す圧力調節弁RV9にて100キロパスカルの一定に調節した。

【0052】定格圧力が100キロパスカルのセラミックピエゾ素子を使用した図1で示す圧力センサ21をFC10の出口側に設置し、この下流側に図1で示す層流流量計SR29および半固定オリフィスOV11を設置し、OV11の開度を微調節して検出圧力範囲の上限値を圧力センサの定格値内の適正な値に設定した後、流量と圧力センサ出力の関係を実測し図5に示すようにほぼ直線の関係を得た。

【0053】層流流量計を使用せず半固定オリフィス(乱流流量計)のみで同様に開度の設定をして実測を行った場合の結果を図6に示すが、オリフィス流量計のみの場合は流量と圧力センサ出力の関係に直線性がなく、特に小流量域での流量の変化に伴う圧力変化が乏しく、層流流量計に比較して小流量域での制御に信頼性が欠けることとなった。

【0054】図2に示される酸素濃縮サイクルが制御できる図1で示す回路基盤19を準備した。

【0055】マスフローコントローラFC10を通過する酸素ガスの流量、すなわちFC10の出口側に設置されている圧力センサの出力が一定に保たれるように、ステッピングモータのステップ位置、すなわちFC10に内蔵されているニードル弁の回転角度すなわち弁の開度が制御できる図1で示す回路基盤23を準備した。

【0056】製造される酸素ガスの酸素濃度すなわち酸素濃度センサの出力を一定に保つように、空気圧縮を駆動する電動機への電源周波数が制御できるインバータ電源を搭載した図1で示す速度制御経路基盤27を準備した。

【0057】上記の各装置を接続して図8に示される、酸素濃縮能力が純酸素換算で最大5.4ノルマルリットルであるような実験装置を組み立て、実験を行った。消費電力の低減効果の確認のため、まず吸着塔の切り替え圧力の設定を装置の最大能力時の設定値に固定して実験を行った。製造される酸素ガスの酸素濃度を90%に固定して、流量を6ノルマルリットル毎分から1ノルマルリットル毎分まで、1ノルマルリットル毎分刻みで減少させて行ったときのインバータ電源の周波数と空気圧縮器が時間あたりに消費した平均電力値の結果を表1に示す。

【表1】

表1

【実施例-1の結果】

酸素ガス流量	[nL/分]	6	5	4	3	2	1
酸素濃度	[容量%]	90	90	90	90	90	90
純酸素換算量	[nL/分]	5.4	4.5	3.6	2.7	1.8	0.9
吸着塔切り替え圧力	[KPa]	200	200	200	200	200	200
電源周波数	[Hz]	77	58	50	46	40	36
消費電力	[W]	460	380	350	327	305	288

【0058】（実施例-2）実施例-1と同様に図8に示される実験装置を用い、吸着塔等の切り替え圧力の設定も実施例-1と同様に最大に固定して実験を行った。製造される酸素ガスの流量を5ノルマルリットルに毎分固定されるように設定したとき、酸素濃度を90%から*

*40%まで10%刻みで減少させていったときのインバータ電源の周波数と空気圧縮器が時間あたりに消費した平均電力値の結果を表2に示す。

【表2】

表2

【実施例-2の結果】

酸素ガス流量	[nL/分]	5	5	5	5	5	5
酸素濃度	[容量%]	90	80	70	60	50	40
純酸素換算量	[nL/分]	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
吸着塔切り替え圧力	[KPa]	200	200	200	200	200	200
電源周波数	[Hz]	58	46	42	39	35	31
消費電力	[W]	376	334	311	298	284	271

【0059】（実施例-3）実施例-1と同様に図8に示される実験装置を用い、吸着塔の切り替え圧力の設定が製造される酸素ガスの各濃度、各流量条件下での各々の酸素濃縮能力に見合うよう自動設定されるように実験を行った。また製造される酸素濃度を90%に固定し、流※

20※量の設定条件を実施例-1の場合と全く同様に变化させた場合のインバータ電源の周波数と空気圧縮器が時間あたりに消費した平均電力値の結果を表3に示す。

【表3】

表3

【実施例-3の結果】

酸素ガス流量	[nL/分]	6	5	4	3	2	1
酸素濃度	[容量%]	90	90	90	90	90	90
純酸素換算量	[nL/分]	5.4	4.5	3.6	2.7	1.8	0.9
吸着塔切り替え圧力	[KPa]	200	190	170	140	120	110
電源周波数	[Hz]	76	58	48	36	26	22
消費電力	[W]	456	364	310	240	200	180

【0060】（実施例-4）実施例-1と同様に図8に示される実験装置を用い、吸着塔の切り替え圧力の設定が製造される酸素ガスの各濃度、各流量条件下での各々の酸素濃縮能力に見合うよう自動設定されるように実験を行った。また製造される酸素流量を5ノルマルリットル★

★ルに固定し、濃度の設定条件を実施例-2の場合と全く同様に变化させた場合のインバータ電源の周波数と空気圧縮器が時間あたりに消費した平均電力値の結果を表4に示す。

【表4】

表4

【実施例-4の結果】

酸素ガス流量	[nL/分]	5	5	5	5	5	5
酸素濃度	[容量%]	90	80	70	60	50	40
純酸素換算量	[nL/分]	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
吸着塔切り替え圧力	[KPa]	190	180	170	160	140	130
電源周波数	[Hz]	55	46	42	39	35	31
消費電力	[W]	365	325	302	288	234	216

【0061】（実験例-5）医療用の酸素呼吸器に供する場合を想定し、実施例-1と同様に図8に示される実験装置を用いて、酸素ガスの酸素濃度を常に90%以上に保ちながら、流量を0.25、0.5、0.75、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0ノルマルリットルの12段階に、段階的に切り替える実験を行った。酸素ガスの各流量下での得られ

た結果を表5に示す。

【表5】

表5

【実施例-5の結果】

酸素流量 [nL/分]	切り替え圧力 [KPa]	インバータ周波数 [Hz]	消費電力 [W]
0.25	110	20	172
0.5	110	20	172
0.75	110	21	178
1.0	110	21	178
1.5	120	23	186
2.0	120	25	195
2.5	130	28	218
3.0	140	33	235
3.5	160	41	276
4.0	180	47	310
4.5	190	54	344
5.0	200	59	376

【0062】表1および表2に示す実施例-1および実施例-2の実験結果は、空気圧縮器の駆動速度をインバータ電源にて自動制御することにより、所望の酸素濃度および流量、すなわち都度の純酸素分の発生量に見合う適正な省電力性が得られていることを示している。

【0063】表3および表4に示す実施例-3および実施例-4の実験結果は、純酸素分の発生量に比例して吸着塔の切り替え圧力を増減制御することにより、さらに大幅な省電力性が達成されていることを示している。

【0064】表5に示す実施例-5の実験結果は、本発明の酸素ガス濃縮方法を用いれば医療用酸素呼吸器として、小流量から大流量までが一台の装置で達成でき、また流量に見合った画期的な省電力性が達成できることを示している。

【0065】

【発明の効果】本発明の方法によれば、一つの機種で製造される酸素ガスが、所望の流量および所望の濃度で自由に得られることが可能になった。また流量、濃度の各設定に見合う必要な酸素濃縮能力を都度可変制御したことにより、無駄な消費電力を大幅に抑えることに成功した。同様に空気圧縮器の駆動速度をインバータ電源で自動制御したことにより、消費電力は常に必要な酸素濃縮能力に見合う適正值が得られた。本発明の方法によれば、特に能力を絞って使用したとき、従来に比較して大幅な省電力性が達成された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の酸素濃縮方法を実施する酸素濃縮装置の構成を示す図

【図2】本発明の方法における酸素濃縮サイクルを示す図

【図3】実験に用いた吸着塔の組み立て透視図

【図4】実験に用いた空気圧縮器の能力特性図

【図5】実験に用いた層流流量計の圧力センサ出力と実流量の関係を表す図

【図6】実験に用いた乱流流量計の圧力センサ出力と実流量の関係を表す図

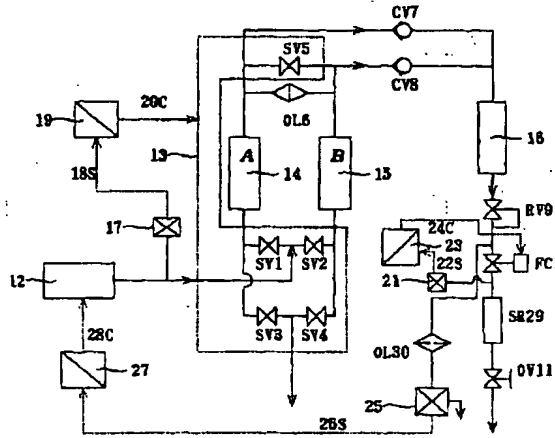
【図7】実験に用いたマスフローコントローラの組み立て透視図

【図8】実験に用いた装置の構成を示す図

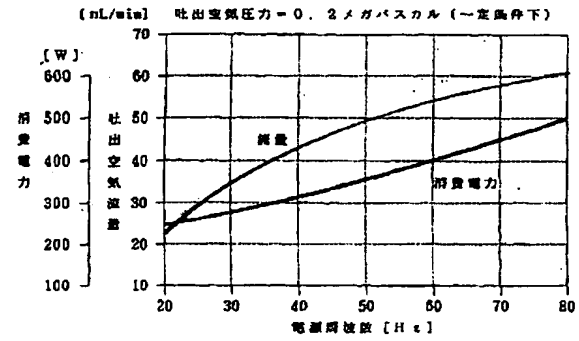
【符号の説明】

SV1、SV2	原料空気供給電磁弁A、原料空気供給電磁弁B
SV3、SV4	再生ガス排出電磁弁A、再生ガス排出電磁弁B
SV5	酸素ガス回収電磁弁
OL6	再生オリフィス
CV7、CV8	逆流防止弁A、逆流防止弁B
RV9	圧力調節弁
FC10	マスフローコントローラ
OV11	半固定オリフィス
12	空気圧縮器
13	酸素濃縮サイクル制御弁ブロック
14、15	吸着塔A、吸着塔B
16	圧力容器
17	圧力センサ
18S	圧力検出信号
19	酸素濃縮サイクル制御回路基盤
20C	酸素濃縮サイクル制御電源
21	圧力センサ
22S	圧力検出信号
23	流量制御回路基盤
24C	流量制御電源
25	酸素濃度センサ
26S	酸素濃度検出信号
27	速度制御回路基盤
28C	速度制御電源
SR29	層流流量計
OL30	流量制限オリフィス
Pa	大気圧
Po	吸着塔再生操作圧力
P1	空気圧縮器最低操作圧力（吸着塔最低操作圧力）
P2	空気圧縮器最高操作圧力（吸着塔最高操作圧力）
τ	酸素ガス回収操作時間
OP	電磁弁開（OPEN）状態
CL	電磁弁閉（CLOSE）状態

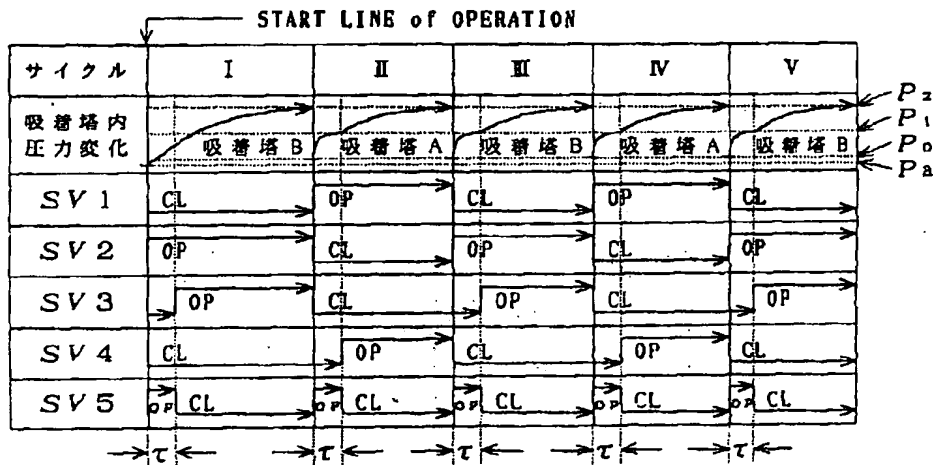
【図1】



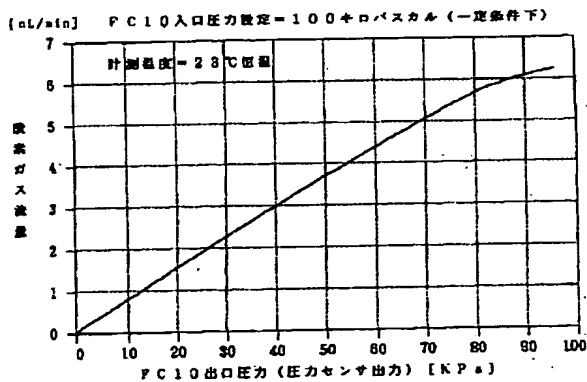
【図4】



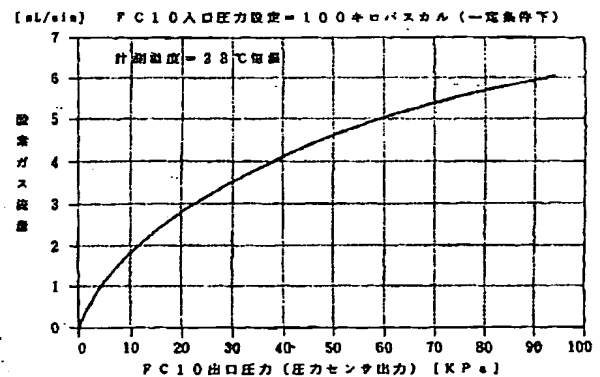
【図2】



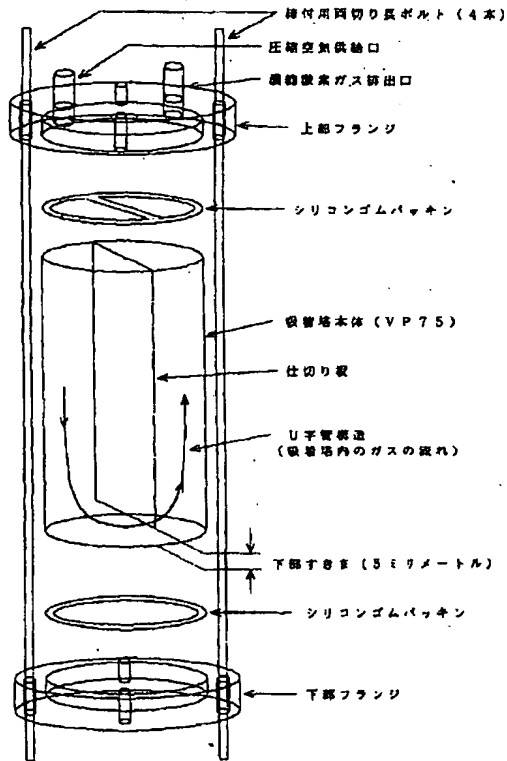
【図5】



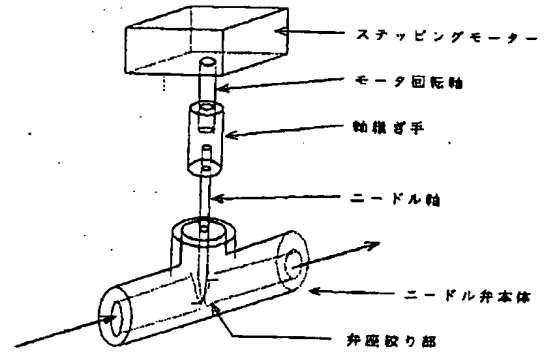
【図6】



【図3】



【図7】



【図8】

